

Контрольно-проверочная аппаратура для тестирования навигационных приёмников космических аппаратов

Александр Савин, Владимир Губа, Олеся Быкова (г. Томск)

В статье рассмотрен оптимальный вариант построения контрольно-проверочной аппаратуры, предназначенной для подтверждения метрологических характеристик навигационных приёмников космического базирования.

Ключевыми измерительными приборами в составе контрольно-проверочной аппаратуры, предназначенной для подтверждения метрологических характеристик навигационных приёмников космического базирования, являются векторный генератор сигналов, цифровой запоминающий осциллограф, векторный анализатор цепей и рубидиевый стандарт частоты. Основной особенностью аппаратуры является необходимость имитации сигналов четырёх спутниковых радионавигационных систем.

Для определения координат в пространстве разработано и произведено множество устройств, развёрнуты сети радиомаяков на всей поверхности Земли, запущены на орбиты спутники – навигационные космические аппараты, созданы и продолжают разраба-

тываться навигаторы – устройства для определения местоположения и синхронизации шкал времени.

Совместными усилиями сотрудников Научно-исследовательского института радиотехнических систем (НИИ РТС) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) и ОАО «Информационные спутниковые системы» (г. Железногорск Красноярского края) разрабатывается навигационная система для космических аппаратов различных типов орбит.

Опытно-конструкторская работа по созданию бортового навигационного приёмника, ориентирующегося по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем и не требующего наземных средств для функционирования, выполняется при поддерж-

ке Министерства образования и науки Российской Федерации в порядке реализации постановления № 218 Правительства РФ.

Главной особенностью выполняемого проекта является создание навигационного приёмника, который способен обрабатывать сигналы сразу четырёх спутниковых радионавигационных систем: отечественной ГЛОНАСС [1], американской GPS Navstar, европейской Galileo и китайской BDS Compass. При этом должны быть реализованы алгоритмы поиска и обработки, поддерживающие форматы сигналов ГЛОНАСС нового поколения. На рисунке 1 показаны осциллограмма и спектр сигнала, содержащего сумму стандартных сигналов систем BDS (средняя частота 1561,098 МГц) и Galileo (средняя частота 1575,42 МГц), а также сигнал ГЛОНАСС с кодовым разделением (средняя частота 1600,995 МГц). Сигнал стандартной точности системы GPS не имитировался, так как его несущая частота точно совпадает с несущей частотой Galileo, и спектр суммарного сигнала имеет сложный вид.

Одной из важных составляющих проекта является разработка контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) для определения метрологических характеристик приёмника. Перед запуском аппарата в космос необходимо досконально оценить и подтвердить качество работы его бортовой аппаратуры. В зависимости от условий её эксплуатации, КПА должна имитировать целый ряд входных навигационных сигналов. Условия определяются типом орбиты космического аппарата согласно его назначению. Навигация аппаратов имеет особое значение, так как функции, выполняемые ими (например, обеспечение связи по всему земному шару, телевидение и т. д.), носят массовый характер и требуют высокой точности координатно-временного обеспечения.

Разработка КПА выполняется НИИ РТС в кооперации с ООО «НПК ТАИР» (г. Томск). Коллектив исполнителей

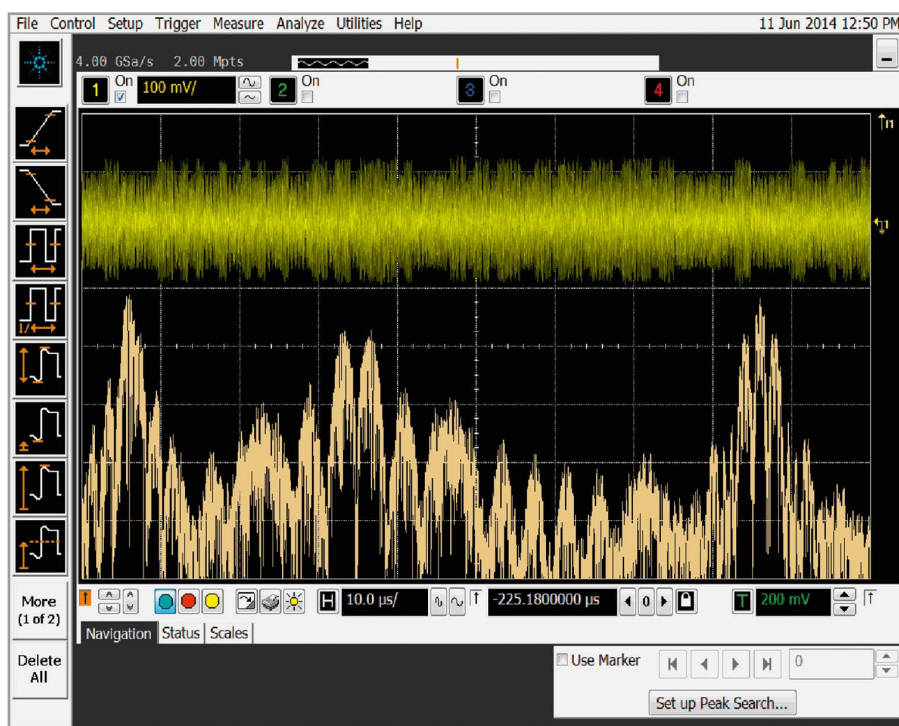


Рис. 1. Осциллограмма и спектр суммарного сигнала

имеет большой опыт работы при решении самых сложных задач в области радиоизмерений и метрологии. При разработке требуется обеспечить высочайшую точность формирования закона изменения задержки имитируемых навигационных радиосигналов с целью воспроизведения псевдодальности. Функциональная схема КПА и внешний вид стойки показаны на рисунке 2.

Для имитации сигналов используется векторный генератор, способный формировать сигналы с несущей частотой до 3 ГГц и полосой занимаемых частот до 80 МГц. Основной диапазон рабочих частот всех существующих спутниковых навигационных систем находится в пределах от 1560 до 1605 МГц. Для калибровки имитатора и анализа качества формируемых сигналов и их спектральных характеристик используется четырёхканальный цифровой запоминающий осциллограф реального времени с полосой частот входных сигналов до 4 ГГц и с максимальной частотой дискретизации до 20 ГГц. Синхронизацию измерительной установки выполняет рубидиевый стандарт частоты и времени.

Остаточная систематическая погрешность формирования псевдодальности не должна превышать 10 см (33 пс в пересчёте на задержку). Для достижения указанной точности необходимо выполнить высокоточные измерения параметров всех аксессуаров, используемых при подключении имитатора навигационных сигналов к разработанному приёмнику. В зависимости от режима работы требуются кабельные сборки различной длины, аттенюаторы с ослаблением до 60 дБ, направленный ответвитель и коаксиальные переходы. Измерения S-параметров и группового времени запаздывания аксессуаров выполняются при помощи векторного анализатора цепей ОБЗОР 304/1 [2] (ООО «Планар», г. Челябинск). Прибор свободно размещается в стандартной 19-дюймовой стойке и позволяет выполнять все необходимые измерения с прецизионной точностью в диапазоне частот до 3,2 ГГц, в том числе в автоматическом режиме. Векторный анализатор цепей ОБЗОР 304/1 имеет простой дружественный интерфейс. Расчёт и отображение параметров осуществляются в частотной и временной областях. Программное обеспечение обладает богатым арсеналом функций: большое

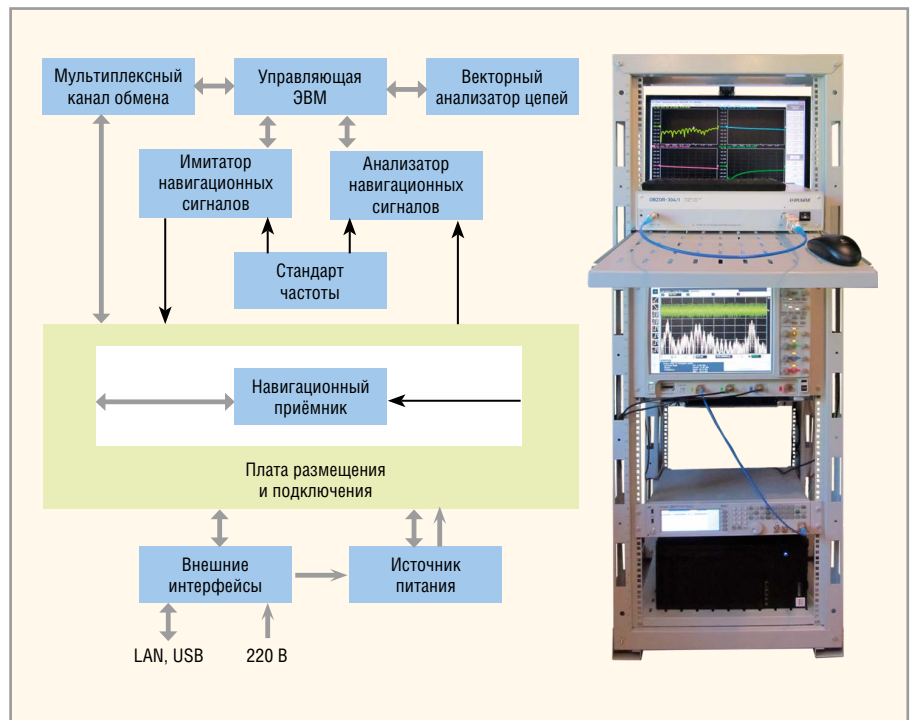


Рис. 2. Функциональная схема КПА и внешний вид стойки

количество одновременно отображаемых графиков, развитая маркерная система для поиска нужных значений по заданному критерию, допусковый контроль, математическая и статистическая обработка, фильтрация, сохранение и восстановление измеренных данных и настройки органов управления.

Таким образом, перед использованием КПА в основном режиме должна быть выполнена большая подготовительная работа. Во-первых, необходимо провести измерения параметров всех используемых аксессуаров с помощью векторного анализатора цепей. Во-вторых, подключив имитатор к анализатору, требуется определить систематическую погрешность формирования сигналов в сечении выходного разъёма векторного генератора сигналов. Очевидно, что измеряемые параметры могут зависеть от частоты. Все полученные калибровочные значения заносятся в память управляющей ЭВМ и используются далее при формировании тестовых сигналов для проверки навигационной аппаратуры космического аппарата. Выбор необходимых поправочных коэффициентов выполняет программное обеспечение КПА в зависимости от конкретной схемы подключения и режима тестирования с целью обеспечить требуемый закон изменения задержек ансамбля навигационных сигналов непосредственно на входе

проверяемого навигационного приёмника.

В заключение следует отметить, что выбранная приборная база обеспечивает требуемую точность решения поставленной задачи. Используемые в работе приборы, в том числе векторный анализатор цепей ОБЗОР 304/1, применяются в учебном процессе на кафедре радиотехнических систем ТУСУР при подготовке специалистов по направлению «Радиотехнические системы и комплексы». Кроме этого, они используются в ряде других проектов по разработке наземных станций радиотехнического контроля навигационного поля с высокими метрологическими характеристиками в части формирования и анализа различных сигналов, измерения параметров приёмных и приёмно-передающих фазированных антенных решёток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (Интерфейсный контрольный документ, пятая редакция). М. Координационный научно-информационный центр Российской Федерации. 2008. 74 с.
2. Измеритель комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор-304», «Обзор-304/1». Руководство по эксплуатации. www.planar.chel.ru/Products/Measurement%20instrument/obzor-304/Obzor304_Operating_Manual.pdf.